

1/9/1
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

007451447 **Image available**
WPI Acc No: 1988-085381/*198813*
XRPX Acc No: N88-064453

Contactless thickness measurement device e.g. for foils, thin coatings -
uses stimulation with thermal radiation and detection of stimulated
thermal radiation

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI)
Inventor: BAUMANN J; BEYFUSS M; PAPE H; TILGNER R
Number of Countries: 001 Number of Patents: 002
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 3631652	A	19880324	DE 3631652	A	19860917	198813 B
DE 3631652	C2	19940519	DE 3631652	A	19860917	199418

Priority Applications (No Type Date): DE 3631652 A 19860917

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 3631652	A		5		
DE 3631652	C2		5	G01B-015/02	

Abstract (Basic): DE 3631652 A

A heating arrangement (He) produces an intensity modulated thermal radiation (Hs) directed towards the measurement object (Mo). A radiation receiver (Se) detects the thermal radiation (St) emitted by the stimulated measurement object. The radiation receiver is limited to a region of reception outside the wavelength or wavelength range of the stimulating thermal radiation.

The range of reception 3 limited by a filter (F1) which does not transmit the wavelength or wavelength range of the thermal radiation. Radiation outside the filter's transmission region is not absorbed but is reflected by it. The receiver is an infrared detector.

ADVANTAGE - Non-destructive measurement with high accuracy.

1/2

Title Terms: CONTACT; THICK; MEASURE; DEVICE; FOIL; THIN; COATING;
STIMULATING; THERMAL; RADIATE; DETECT; STIMULATING; THERMAL; RADIATE
Derwent Class: S02
International Patent Class (Main): G01B-015/02
File Segment: EPI
Manual Codes (EPI/S-X): S02-A05A

88/2379

VAN 21-84 PT B2

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 3631652 A1

⑤1 Int. Cl. 4:
G01B 15/02

②1 Aktenzeichen: P 36 31 652.0
②2 Anmeldetag: 17. 9. 88
②3 Offenlegungstag: 24. 3. 89

DE 3631652 A1

⑦1 Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

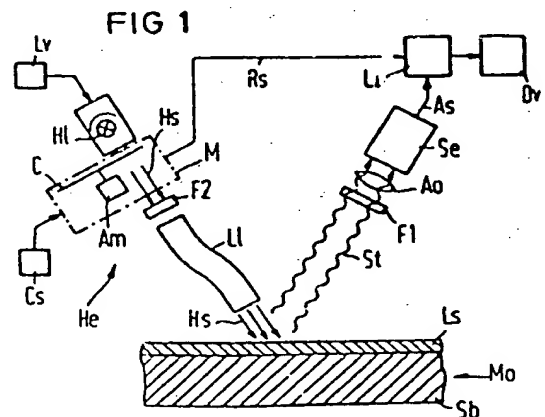
⑦2 Erfinder:

Tilgner, Rainer, Dipl.-Phys. Dr., 8000 München, DE;
Baumann, Joachim, Dipl.-Phys. Dr., 8046 Garching,
DE; Beyfuß, Martin, Dipl.-Phys.; Pape, Heinz,
Dipl.-Phys., 8000 München, DE

⑤4 Meßanordnung zur berührungslosen Dickenbestimmung

Zur zerstörungsfreien, berührungslosen Bestimmung der Dicke von Folien und Oberflächenbeschichtungen wird mit einer Heizeinrichtung (He) eine zeitlich intensitätsmodulierte Heizstrahlung (Hs) auf das Meßobjekt (Mo) gerichtet, während ein Strahlungsempfänger (Se) die vom Meßobjekt (Mo) emittierte thermische Strahlung (St) erfaßt und die jeweilige Dicke in einer nachgeordneten Signalauswertung ermittelt wird. Die Genauigkeit der Messungen wird dadurch erheblich gesteigert, daß der Strahlungsempfänger (Se), insbesondere durch ein vorgeschaltetes Filter (F1), auf einen von der anregenden Heizstrahlung (Hs) separaten Empfangsbereich begrenzt wird. In der Heizeinrichtung (He) wird vorzugsweise ein Temperaturstrahler, insbesondere eine Halogenlampe (Hi), mit einem nachgeordneten Lichtleiter (Li), insbesondere einen Flüssigkeitslichtleiter, für die Erzeugung und Übertragung der Heizstrahlung (Hs) eingesetzt.

Flüssigkeitslichtleiter



DE 3631652 A1

Patentansprüche

1. Meßanordnung zur zerstörungsfreien, berührungslosen Bestimmung der Dicke von Folien und dünnen Oberflächenbeschichtungen mittels stationärer Wärmeleitung, mit

- einer Heizeinrichtung (*He*) zur Erzeugung einer auf das Meßobjekt (*Mo*) gerichteten zeitlich intensitätsmodulierten Heizstrahlung (*HS*) und
- einem Strahlungsempfänger (*Se*) für die vom angeregten Meßobjekt (*Mo*) emittierte thermische Strahlung (*St*),

dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsempfänger (*Se*) auf einen außerhalb der Wellenlänge (*Wl*) oder des Wellenlängenbereichs (*Wlb*) der anregenden Heizstrahlung (*HS*) liegenden Empfangsbereich (*Eb*) begrenzt ist.

2. Meßanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Strahlungsempfänger (*Se*) zur Begrenzung des Empfangsbereichs (*Eb*) ein für die Wellenlänge (*Wl*) oder den Wellenlängenbereich (*Wlb*) der anregenden Heizstrahlung (*HS*) undurchlässiges Filter (*F1*) vorgeschaltet ist.

3. Meßanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (*F1*) Strahlung außerhalb des Durchlaßbereichs nicht absorbiert.

4. Meßanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (*F1*) Strahlung außerhalb des Durchlaßbereichs reflektiert.

5. Meßanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter (*F1*) auf der vom Strahlungsempfänger (*Se*) abgewandten Seite eine dielektrische Vielfachbeschichtung trägt.

6. Meßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Strahlungsempfänger (*Se*) eine Abbildungsoptik (*Ao*) vorgeschaltet ist.

7. Meßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsempfänger (*Se*) als Infrarot-Detektor ausgebildet ist.

8. Meßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (*He*) einen Temperaturstrahler umfaßt.

9. Meßanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturstrahler als Glühlampe ausgebildet ist.

10. Meßanordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturstrahler als Halogenlampe (*Hl*) ausgebildet ist.

11. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß dem Temperaturstrahler ein für Wellenlängen im Empfangsbereich (*Eb*) des Strahlungsempfängers (*Se*) undurchlässiges Filter (*F2*) nachgeordnet ist.

12. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizstrahlung (*HS*) über einen Lichtleiter (*Ll*) auf das Meßobjekt (*Mo*) übertragen ist.

13. Meßanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (*Ll*) als Flüssigkeitslichtleiter ausgebildet ist.

14. Meßanordnung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (*Ll*) für Wellenlängen im Empfangsbereich (*Eb*) des Strah-

lungsempfängers (*Se*) undurchlässig ist.

15. Meßanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die anregende Heizstrahlung (*HS*) auf Wellenlängen im Sichtbaren, im nahen Ultraviolett und im nahen Infrarot begrenzt ist.

16. Meßanordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizstrahlung (*HS*) auf Wellenlängen zwischen 0,2 und 2 μm begrenzt ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung zur zerstörungsfreien, berührungslosen Bestimmung der Dicke von Folien und dünnen Oberflächenbeschichtungen mittels stationärer Wärmeleitung, mit

- einer Heizeinrichtung zur Erzeugung einer auf das Meßobjekt gerichteten zeitlich intensitätsmodulierten Heizstrahlung und
- einem Strahlungsempfänger für die vom angeregten Meßobjekt emittierte thermische Strahlung.

Das Prinzip der Dickenbestimmung von Folien und dünnen Oberflächenbeschichtungen mit Hilfe der stationären Wärmeleitung ist seit langem bekannt. Es beruht darauf, bei einer zeitlich veränderlichen Aufheizung einer Probenoberfläche den daraus resultierenden zeitlichen Verlauf der Oberflächentemperatur auszuwerten. Es läßt sich zeigen, daß der zeitliche Verlauf der Temperatur nach einer zeitlich definierten Aufheizung empfindlich von der Dicke sowie von den thermischen Kenngrößen einer Schicht oder Folie abhängt. Im Prinzip kann die Aufheizung dabei einen zeitlichen Verlauf haben, der zwischen einem Einzelpuls und einer periodischen sinusförmigen Form liegt. Ist die Anregung periodisch, so stellt sich die Temperaturoszillation hinsichtlich Amplitude und Phase in charakteristischer Weise ein.

Eine Meßanordnung der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus Z. Werkstofftech. 15, 140–148 (1984) bekannt. Bei der dort dargestellten Versuchsanordnung wird die von einem Laser erzeugte und in einem nachgeordneten Modulator in der Intensität periodisch veränderte Heizstrahlung auf das Meßobjekt gerichtet. Die absorbierte Heizstrahlung erzeugt dann sog. Wärme wellen, die von Grenzflächen im Probeninneren reflektiert werden. Diese reflektierten Wärmewellen werden dann an der Oberfläche des Meßobjekts über die resultierende Modulation der thermischen Emission nachgewiesen. Hierzu wird ein Infrarot-Detektor verwendet, dessen Ausgangssignal in einem phasenempfindlichen Lock-In Verstärker mit dem Referenzsignal des Modulators verglichen wird. Der derart ermittelte Phasenunterschied gibt dann Aufschluß über die jeweilige Schichtdicke, wobei durch einen Schiebeschlitten auch eine lokale Ortsauflösung ermöglicht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine für den praktischen Einsatz geeignete Meßanordnung zur zerstörungsfreien, berührungslosen Bestimmung der Dicke von Folien und dünnen Oberflächenbeschichtungen mittels stationärer Wärmeleitung zu schaffen, die bei geringem baulichen Aufwand eine Dickenbestimmung hoher Genauigkeit ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einer Meßanordnung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Strahlungsempfänger auf einen außerhalb der Wellenlänge oder des Wellenlängenbereichs der anre-

genden Heizstrahlung liegenden Empfangsbereich begrenzt ist.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß für Dickenbestimmungen hoher Genauigkeit eine Separation von Anregungs- und Nachweisstrahlung unerlässlich ist. Dementsprechend muß der Empfangsbereich des Strahlungsempfängers derart begrenzt werden, daß Strahlung mit der Wellenlänge oder im Wellenlängenbereich der anregenden Heizstrahlung nicht die Messung der emittierten thermischen Strahlung verfälschen kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist dem Strahlungsempfänger zur Begrenzung des Empfangsbereichs ein für die Wellenlänge oder den Wellenlängenbereich der anregenden Heizstrahlung undurchlässiges Filter vorgeschaltet. Mit Hilfe eines derartigen Filters kann die Begrenzung des Empfangsbereichs auf besonders einfache Weise realisiert werden. Vorzugsweise ist das Filter dann so ausgebildet, daß Strahlung außerhalb des Durchlaßbereichs nicht absorbiert wird. Würde an der Oberfläche des Meßobjekts direkt reflektierte Strahlung in dem Filter absorbiert, so könnten durch diesen Absorptionsprozeß neue zeitkohärente und daher störende Infrarot-Quellen entstehen.

Die unerwünschte Absorption der Heizstrahlung wird vorzugsweise dadurch verhindert, daß das Filter Strahlung außerhalb des Durchlaßbereichs reflektiert. Diese Reflexion kann dann auf einfache Weise dadurch erzielt werden, daß das Filter auf der vom Strahlungsempfänger abgewandten Seite eine dielektrische Vielfachbeschichtung trägt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist dem Strahlungsempfänger eine Abbildungsoptik vorgeschaltet. Eine derartige Abbildungsoptik, bei welcher es sich um eine Infrarot-Sammellinse oder eine Spiegeloptik handeln kann, fokussiert dann die emittierte thermische Strahlung derart in den Strahlungsempfänger, daß die Temperatur eines definierten Bereichs der Oberfläche des Meßobjekts erfaßt werden kann.

Vorzugsweise ist der Strahlungsempfänger als Infrarot-Detektor ausgebildet. Dabei haben pyroelektrische Infrarot-Detektoren den Vorteil, daß sie robust und billig sind und keine Kühlung benötigen. Entsprechende Halbleiterdetektoren ermöglichen demgegenüber eine bessere Nachweispfindlichkeit.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfaßt die Heizeinrichtung einen Temperaturstrahler, der gegenüber den bisher verwendeten Lasern einen erheblich geringeren Kostenaufwand erfordert.

Ist der Temperaturstrahler als Glühlampe, insbesondere als Halogenlampe ausgebildet, so kann für die Erzeugung der Anregungsstrahlung auf die weit verbreiteten elektrischen Lichtquellen zurückgegriffen werden.

Weiterhin ist es besonders vorteilhaft, wenn dem Temperaturstrahler ein für Wellenlängen im Empfangsbereich des Strahlungsempfängers undurchlässiges Filter nachgeordnet ist. Ein derartiges Filter sorgt dann dafür, daß die anregende Heizstrahlung keinen Anteil im Empfangsbereich des Strahlungsempfängers hat.

Während die bisher verwendeten Laser auch aus größerer Entfernung eine definierte und ausreichend intensive Energiezufuhr gewährleistet, sollte bei dem Einsatz von Lasern für eine geeignete Strahlenbündelung gesorgt werden. Besonders günstig ist es dann, wenn die Heizstrahlung über einen Lichtleiter auf das Meßobjekt übertragbar ist. Mit Hilfe eines derartigen Lichtleiters

können dann auch Abstände im Meter-Bereich ohne nennenswerte Verluste überbrückt werden.

Besonders vorteilhaft ist es dann, wenn der Lichtleiter als Flüssigkeitslichtleiter ausgebildet ist. Derartige Flüssigkeitslichtleiter werden beispielsweise in Verbindung mit entsprechenden Glühlampen mit Erfolg für endoskopische Zwecke eingesetzt.

Weiterhin ist es auch besonders günstig, wenn der Lichtleiter für Wellenlängen im Empfangsbereich des Strahlungsempfängers undurchlässig ist. In diesem Fall kann dann ggf. ein separates, für Wellenlängen im Empfangsbereich des Strahlungsempfängers undurchlässiges Filter entfallen.

Im Hinblick auf die erforderliche Separation von Anregungs- und Nachweisstrahlung ist es schließlich auch noch zweckmäßig, wenn die anregende Heizstrahlung auf Wellenlängen im Sichtbaren, im nahen Ultraviolett und im nahen Infrarot begrenzt ist. Dabei hat sich eine Begrenzung auf Wellenlängen zwischen 0,2 und 2 μm als besonders vorteilhaft erwiesen, da Heizstrahlung in diesem Wellenlängenbereich vom Meßobjekt größtenteils absorbiert und kaum reflektiert wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen in stark vereinfachter schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Meßanordnung zur berührungslosen Bestimmung der Dicke von Folien und Oberflächenbeschichtungen und

Fig. 2 die Separation von Anregungs- und Nachweisstrahlung.

Mit der in Fig. 1 dargestellten Meßanordnung soll an einem mit M_o bezeichneten Meßobjekt die Dicke einer auf Stahlblech S_b aufgetragenen Lackschicht L_s ermittelt werden. Hierzu wird zunächst die mit einer Heizeinrichtung H_e erzeugte, intensitätsmodulierte Heizstrahlung H_s auf die Oberfläche der Lackschicht L_s gerichtet. Für die Erzeugung der intensitätsmodulierten Heizstrahlung H_s sind eine an eine regelbare Lampenversorgung L_v angeschlossene Halogenlampe H_l und ein nachgeordneter Modulator M vorgesehen. Der Modulator M umfaßt einen durch einen Antriebsmotor r am angetriebenen Lichtzerhacker oder Chopper C und eine mit C_s bezeichnete Choppersteuerung. Nach dem Modulator M wird dann die intensitätsmodulierte Heizstrahlung H_s über ein Filter F_2 und einen flexiblen Lichtleiter L_l auf die Lackschicht L_s gerichtet.

Die in der Lackschicht L_s absorbierte Heizstrahlung H_s bewirkt an der Oberfläche eine Temperaturoszillation, die über die entsprechend emittierte thermische Strahlung S_t von einem Strahlungsempfänger S_e erfaßt wird. Die emittierte thermische Strahlung S_t gelangt dabei über ein Filter F_1 zu einer als Infrarot-Sammellinse ausgebildeten Abbildungsoptik A_o , welche die thermische Strahlung S_t so in den Strahlungsempfänger S_e fokussiert, daß jeweils nur die Temperatur eines definierten Bereichs der Oberfläche der Lackschicht L_s erfaßt wird.

Die Signalverarbeitung umfaßt einen Lock-In Verstärker L_I und ein mit D_v bezeichnetes Digitalvoltmeter. Der Lock-In Verstärker L_I ermittelt dabei den Phasenunterschied zwischen dem Referenzsignal R_s des Modulators M und dem Ausgangssignal A_s des Strahlungsempfängers S_e . Das dem Lock-In Verstärker L_I nachgeordnete Digitalvoltmeter D_v kann dann so geeicht werden, daß es die jeweilige Dicke der Lackschicht L_s anzeigt.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Meßanordnung soll eine Separation von Anregungs- und Nachweisstrahlung bewirkt werden, die im folgenden unter zusätzlichem Hinweis auf Fig. 2 erläutert wird. Dort sind auf einer horizontalen Achse Wellenlängen λ in μm aufgetragen, die im nahen Ultraviolett UV, im Sichtbaren S und im Infrarot IR liegen. Mit Bezug auf diese Achse ist ferner zu erkennen, daß die Halogenlampe HI eine Heizstrahlung Hs mit Anteilen im nahen Ultraviolett UV, im Sichtbaren S und im nahen Infrarot IR aussendet. Der Bereich der Wellenlänge λ der von der Halogenlampe HI ausgesandten Heizstrahlung Hs liegt im dargestellten Ausführungsbeispiel ungefähr zwischen 0,25 und 2,5 μm . Das Filter F1 oder — wie dargestellt — der als Flüssigkeitslichtleiter ausgebildete Lichtleiter LI lassen von dieser Heizstrahlung Hs nur Wellenlängen λ im Sichtbaren S und im nahen Infrarot IR durch, wobei dieser Bereich den Wellenlängenbereich Wib der auf das Meßobjekt Mo einfallenden Heizstrahlung Hs entspricht. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Wellenlängenbereich Wib auf Wellenlängen λ zwischen 0,25 und 0,75 μm begrenzt, da die im Lichtleiter LI verwendete Flüssigkeit nur in diesem Wellenlängenbereich transparent ist.

Der als Strahlungsempfänger Se verwendete Infrarot-Detektor würde ohne das vorgeschaltete Filter F1 auch auf Strahlung im Wellenlängenbereich Wib ansprechen. Damit der Strahlungsempfänger Se mit Sicherheit nur die vom Meßobjekt Mo emittierte thermische Strahlung St erfaßt, wird das Filter F1 so ausgelegt, daß es nur für Strahlung St durchlässig ist, deren Wellenlängen λ oberhalb des Wellenlängenbereichs Wib liegen. Der Durchlässigkeitsbereich des Filters F1 definiert den Empfangsbereich Eb des Strahlungsempfängers Se. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Filter F1 durch eine dielektrische Vielfachbeschichtung so ausgelegt, daß es nur für thermische Strahlung St mit Wellenlängen λ oberhalb 1,0 μm durchlässig ist und Wellenlängen λ von weniger als 1 μm reflektiert.

Die erfindungsgemäße Separation von Anregungs- und Nachweisstrahlung ist in Fig. 2 dadurch zu erkennen, daß sich der Wellenlängenbereich Wib der anregenden Heizstrahlung Hs und der eingeschränkte Empfangsbereich Eb des Strahlungsempfängers Se deutlich unterscheiden. Der dazwischenliegende Differenzbereich $\Delta\lambda$ der Wellenlänge λ kann als Sicherheitszone angesehen werden, durch welche Überschneidungen auch bei geringfügigen Änderungen der jeweiligen Durchlaßbereiche ausgeschlossen werden. Derartige Änderungen sind beispielsweise darauf zurückzuführen, daß es sich bei dem Filter F1 um ein Interferenzfilter handelt, dessen Durchlaßbereich sich mit dem Einfallsbereich der Heizstrahlung Hs ändern kann. Dementsprechend kann auch ggf. eine Beeinflussung des Strahlungsempfängers Se durch eine "Rest-Streustrahlung" durch geeignete Platzierung des Filters F1 weiter reduziert oder ausgeschlossen werden.

Mit der vorstehend beschriebenen Meßanordnung können Dickenbestimmungen von Folien und Beschichtungen durchgeführt werden, sofern das Meßobjekt von wenigstens einer Seite her zugänglich ist. Die zerstörungsfreie und berührungslose Dickenbestimmung ist insbesondere für Lackschichten oder Kunststoffbeschichtungen geeignet, die auf ein Trägermaterial mit von der Beschichtung verschiedenen thermischen Größen, insbesondere Metall, aufgebracht sind. Die Meßanordnung ist prinzipiell auch bei einem Arbeitsabstand im Meter-Bereich einsetzbar. Es können auch Oberflä-

chenbeschichtungen unmittelbar nach der Auftragung im noch unverfestigten Zustand vermessen werden. Mit der Meßanordnung kann eine zuverlässige On-line-Überwachung und On-line-Regelung der Folien- bzw. Beschichtungsdicke in der Fertigung durchgeführt werden.

Wird bei der in Fig. 1 dargestellten Meßanordnung in der Heizeinrichtung He anstelle der Halogenlampe HI ein Laser eingesetzt, so ist die Wellenlänge λ der Heizstrahlung Hs auf die Emissionswellenlänge des jeweiligen Lasers begrenzt. In Fig. 2 ist dies für einen Argonlaser durch die Wellenlänge WL angedeutet. Bei Verwendung eines Lasers können dann auch das Filter F2 und insbesondere der Lichtleiter LI entfallen.

Die beschriebene Meßanordnung wurde für die Dickenbestimmung von Lackschichten Ls aus noch unverfestigtem grauen ACRYLLACK auf 0,5 mm dicken Stahlblech Sb eingesetzt. Bei einer Frequenz des Modulators von 13 Hz zeigte das entsprechend geeichte Digitalvoltmeter DV beispielsweise einen Phasenunterschied von 120° an, was einer Dicke der Lackschicht von 55 μm entsprach.

Gernsmaier

Fig.: 13:12

Number:

23 31 C52

Int. Cl. 4:

G 01 B 15/02

Anmeldetag:

17. Sept. 1982

Offenlegungstag:

24. März 1983

1/1

CS P 16 16 DE

3631652

FIG 1

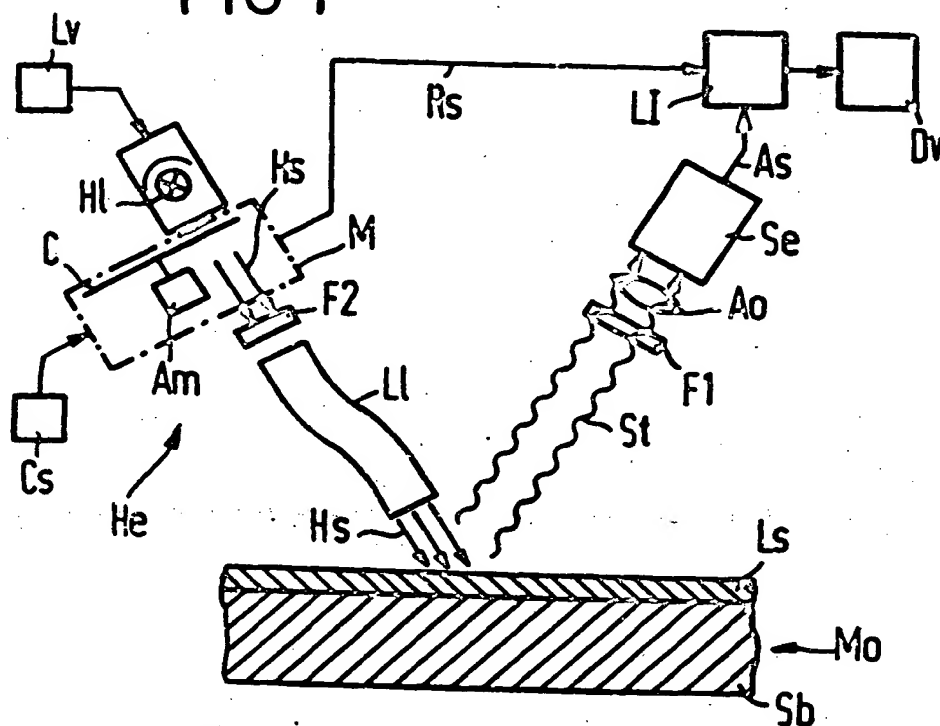


FIG 2

